(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報（Ａ）**　(11)特許出願公開番号

特開平10－191459

(43)公開日　平成10年(1998)７月21日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	ＦＩ	
Ｈ０４Ｑ　7/38		Ｈ０４Ｂ　7/26	１０９Ｒ
Ｈ０４Ｌ　9/30		Ｈ０４Ｌ　9/00	６６３Ａ
			６６３Ｂ

審査請求　未請求　請求項の数11　ＯＬ　（全 10 頁）

(21)出願番号　特願平9－304553

(22)出願日　平成９年(1997)11月６日

(31)優先権主張番号　０８／７４４６８２

(32)優先日　1996年11月６日

(33)優先権主張国　米国（ＵＳ）

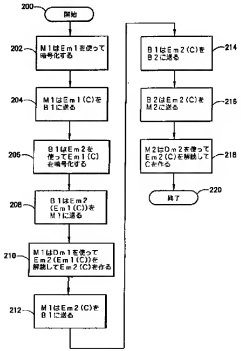
(71)出願人　590005612
ノキア　モービル　フォーンズ　リミティド
フィンランド国，エフアイエヌ－02150　エスポー，ケイララーデンティエ　４

(72)発明者　ティエ　ルオ
アメリカ合衆国，テキサス　76006，アーリントン，サンライト　ドライブ　2606

(74)代理人　弁理士　石田　敬　（外３名）

(54)【発明の名称】　通信システムにおいて機密保護メッセージを送る方法

(57)【要約】
【課題】　公開の暗号化キーを用いて機密保護メッセージを送る。
【解決手段】　送信側は自分の公開の暗号化キーExを使ってメッセージｃを暗号化し、その暗号化されたメッセージEx(c)を受信側に送る。受信側は、そのメッセージの目的の受取手の暗号化キーEyを使って暗号化メッセージEx(c)を暗号化してメッセージEy(Ex(c))を作り、このメッセージEy(Ex(c))を送信側に送る。送信側は自分の秘密の解読キーを使ってそのメッセージEy(Ex(c))を解読してDx(Ey(Ex(c)))=Ey(c)を作り、このメッセージEy(c)を受信側に送る。受信側は、自分がそのメッセージの目的の受取手であるならば、自分自身の解読キーＤｙを使ってそのメッセージを解読してDy(Ey(c))=cを作り、自分がそのメッセージの目的の受取手ではなければ、受取手に送り、受取手が自分自身の解読キーDyを使ってそのメッセージを解読する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　少なくとも１つの基地局と複数の移動局とを有する通信システムで機密保護メッセージを送る方法において、前記方法は：各移動局に解読キーと公開の暗号化キーとを割り当て；第１移動局において前記第１移動局の暗号化キーを用いて第１メッセージを暗号化して第２メッセージを作り；前記第２メッセージを前記第１移動局から前記の少なくとも１つの基地局に送り；前記の少なくとも１つの基地局において第２移動局の暗号化キーを用いて前記第２メッセージを暗号化して第３メッセージを作り；前記第３メッセージを前記の少なくとも１つの基地局から前記第１移動局に送り；前記第１移動局において前記第１移動局の解読キーを用いて前記第３メッセージを解読して第４メッセージを作り；前記第４メッセージを前記第１移動局から前記の少なくとも１つの基地局に送り；前記第４メッセージを前記の少なくとも１つの基地局から前記第２移動局に送り；前記第２移動局において前記第２移動局の解読キーを用いて前記第４メッセージを解読して前記第１メッセージを作り直すステップから成ることを特徴とする方法。

【請求項２】　前記第１移動局の解読キー及び暗号化キー、並びに前記第２移動局の解読キー及び暗号化キーは、前記第２移動局の暗号化キーをメッセージに適用して第１結果を得てから前記第１移動局の解読キーをその第１結果に適用して最終結果を得ることが、前記第１移動局の解読キーを前記メッセージに適用して第２結果を得てから前記第２移動局の暗号化キーを前記第２結果に適用して前記最終結果を得ることと同等であるように構成されていることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項３】　前記第１移動局において暗号化及び解読を行う前記ステップは第１アルゴリズムに従って行われ、前記第２移動局において暗号化及び解読を行う前記ステップは第２アルゴリズムに従って行われることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項４】　前記第１アルゴリズムはＲＳＡ型のアルゴリズムから成り、前記第２アルゴリズムはラビン型のアルゴリズムから成ることを特徴とする請求項３に記載の方法。

【請求項５】　前記第１アルゴリズムはラビン型のアルゴリズムから成り、前記第２アルゴリズムはＲＳＡ型のアルゴリズムから成ることを特徴とする請求項３に記載の方法。

【請求項６】　第１及び第２の送受信装置を有する通信システムで機密保護メッセージを送る方法において、前記方法は：前記の第１及び第２の送受信装置の各々に解読キー及び公開の暗号化キーを割り当て；前記第１送受信装置において前記第１送受信装置の暗号化キーを用いて第１メッセージを暗号化して第２メッセージを作り；前記第２メッセージを前記第１送受信装置から前記第２送受信装置に送り；前記第２送受信装置において前記第２送受信装置の暗号化キーを用いて前記第２メッセージを暗号化して第３メッセージを作り；前記第３メッセージを前記第２送受信装置から前記第１送受信装置に送り；前記第１送受信装置において前記第１送受信装置の解読キーを用いて前記第３メッセージを解読して第４メッセージを作り；前記第４メッセージを前記第１送受信装置から前記第２送受信装置に送り；前記第２送受信装置において前記第２送受信装置の解読キーを用いて前記第４メッセージを解読して前記第１メッセージを作り直すステップから成ることを特徴とする方法。

【請求項７】　前記第１送受信装置の解読キー及び暗号化キー、並びに前記第２送受信装置の解読キー及び暗号化キーは、前記第２送受信装置の暗号化キーをメッセージに適用して第１結果を得てから前記第１送受信装置の解読キーをその第１結果に適用して最終結果を得ることが、前記第１送受信装置の解読キーを前記メッセージに適用して第２結果を得てから前記第２送受信装置の暗号化キーを前記第２結果に適用して前記最終結果を得ることと同等であるように構成されていることを特徴とする請求項６に記載の方法。

【請求項８】　前記第１送受信装置において暗号化及び解読を行う前記ステップは第１アルゴリズムに従って行われ、前記第２送受信装置において暗号化及び解読を行う前記ステップは第２アルゴリズムに従って行われることを特徴とする請求項６に記載の方法。

【請求項９】　前記第１アルゴリズムはＲＳＡ型のアルゴリズムから成り、前記第２アルゴリズムはラビン型のアルゴリズムから成ることを特徴とする請求項８に記載の方法。

【請求項１０】　前記第１アルゴリズムはラビン型のアルゴリズムから成り、前記第２アルゴリズムはＲＳＡ型のアルゴリズムから成ることを特徴とする請求項８に記載の方法。

【請求項１１】　前記第２送受信装置は第１基地局から成り、前記第１送受信装置は第１移動局から成り、前記通信システムは更に第２基地局と第２移動局とを有し、前記方法は更に：前記第１メッセージを前記第１基地局から前記第２基地局に送り；前記第２基地局において前記第２基地局の解読キーを用いて前記第１メッセージを暗号化して第５メッセージを作り；前記第５メッセージを前記第２基地局から前記第２移動局に送り；前記第２移動局において前記第２移動局の暗号化キーを用いて前記第５メッセージを暗号化して第６メッセージを作り；前記第６メッセージを前記第２移動局から前記第２基地局に送り；前記第２基地局において前記第２基地局の解読キーを用いて前記第６メッセージを解読して第７メッセージを作り；前記第７メッセージを前記第２基地局から前記第２移動局に送り；前記第２移動局において前記第２移動局の解読キーを用いて前記第７メッセージを解読して前記第１メッセージを作り直すステップを有する

ことを特徴とする請求項６に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、通信システムのための暗号化技術に関し、特に通信システムにおいて公開の暗号化キーを使用して機密保護メッセージを送る装置及び方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】通信システム技術が進歩して、いろいろな通信システム及びサービスを利用できるようになっている。それらのシステムの中には、セルラー電話通信網、個人通信システム、種々のページングシステム、及び種々の有線及び無線のデータ通信網が含まれる。今日アメリカ合衆国で使用されているセルラー電話通信網は、ＡＭＰＳアナログシステム、デジタルＩＳ－１３６時分割多重（ＴＤＭＡ）システム、及びデジタルＩＳ－９５デジタル符号分割多重（ＣＤＭＡ）システムを含む。ヨーロッパでは、移動通信用広域（ＧＳＭ）デジタルシステムが最も広く使用されている。これらのセルラーシステムは８００－９００ＭＨｚの範囲で動作する。個人通信システム（ＰＣＳ）も合衆国で現在展開されている。多くのＰＣＳシステムが１８００－１９００ＭＨｚ範囲に対して開発されつつあるが、それらは各々主要なセルラー規格のうちの１つに基づいている。

【０００３】上記の通信システムの各々において、該システムのオペレータがシステムのユーザーに機密保護通信手段を提供することが望ましいことがしばしばある。それは、該システムで動作している２つの移動局の間で機密保護メッセージを送ることを含むことがある。多くの場合にそのメッセージはテキストメッセージ等の、有限の長さのテキストメッセージである。

【０００４】ＡＭＰＳ等のアナログシステムでは、通信内容を機密保護するのは非常に難しい。２ユーザー間で通信内容を運ぶ信号がアナログの性質であるために暗号化を簡単にも効率的にも行うことはできない。実際、標準的ＡＭＰＳでは、暗号化は全く行われず、移動局と基地局との間で送られる通信メッセージは監視されたり傍受されたりされ得る。通信チャネルに使用される周波数に同調させることのできる受信装置を持っているものは誰でも、見つかることなく何時でも通信を傍受することができる。この傍受の可能性は、ＡＭＰＳ等のアナログシステムに結びついた１つの不都合な要素であった。この様に傍受される可能性があるために、ＡＭＰＳ型のシステムは機密保護メッセージを送ることを必要とする或る種のビジネスユーザーや政府筋のユーザーには好まれていない。

【０００５】通信の秘密を目的として暗号化サービスを含むＧＳＭ、ＩＳ－１３６及びＩＳ－９５等の新しいデジタルシステムが開発されている。これらのデジタルシステムで２ユーザー間で通信メッセージを運ぶ音声信号或いはデータ信号はデジタルの性質を持っているので、ランダム或いは疑似ランダムの性質を持っている通信信号を作るための暗号化装置を通して処理され、認可された受信装置で解読される。この様なシステムで機密保護メッセージを送りたいときには、該システムの暗号化機能を使ってメッセージを暗号化することができる。例えば、これらの規格で指定されているショートメッセージサービス（ＳＭＳ）機能を使って、該システムの暗号化アルゴリズムに従って暗号化されているテキストメッセージを送ることができる。

【０００６】ＧＳＭ、ＩＳ－１３６、及びＩＳ－９５システムでは、暗号化は各ユーザーとシステムとの間のメッセージ送信に対して秘密のキー値”非公開キー”を用いて行われ、そのキーはシステムと通信するユーザーとシステムとだけに知られている。ここで検討しているＰＣＳ通信網についてのシステム規格は、特定のＰＣＳ規格の濾源となるデジタル規格、即ちＧＳＭ、ＩＳ－１３６、或いはＩＳ－９５において指定されている暗号化技術に基づく暗号化サービスを包含することもできる。

【０００７】ＧＳＭではシステムのオペレータがシステムの各ユーザーに加入者識別モジュール（ＳＩＭ）を発行することによって機密保護プロセスを制御する。ＳＩＭは、ユーザーが呼を発したり受けたりするのに使う移動局に挿入しなければならない差し込み式のチップ又はカードである。ＳＩＭは、各ユーザーに独特の、Ｋｉと呼ばれる１２８ビットの数を内蔵している。このＫｉは、確認と、暗号化キーの導出との両方のために使われる。ＧＳＭでは、各ユーザーを確認してそのユーザーについてのＫｉから暗号化ビットを作成するために呼びかけと応答の手続が使われる。この呼びかけと応答の手続をホームシステムの自由裁量で実行することができる。

【０００８】ＧＳＭ移動局が自分のホームシステムで動作しているとき、ユーザーが自分の国際移動システム識別子／一時移動システム識別子（international mobile system identity/temporary mobile system identities (IMSI/TMSI)）を呈示することによって自分が誰であるかを明らかにした後、該システムで１２８ビットの乱数（ＲＡＮＤ）が作成されてその移動局のユーザーのＫｉと結合されて３２ビットの応答（ＳＲＥＳ）となる。このときシステムはＲＡＮＤを該移動局に送り、該移動局はそのユーザーのＫｉから自分自身のＳＲＥＳ値を計算し、このＲＡＮＤをシステムに送り戻す。もしその２つのＳＲＥＳが調和するならば、その移動局は本物であると判断される。暗号化キー”Ｋｃ”を作るために、該移動局及び通信網の両方においてＲＡＮＤ及びＫｉを使用するアルゴリズムにより、該移動局とシステムとの間の通信のための暗号化ビットが作成される。その後、Ｋｃは両端で機密保護通信を行うために使用される。ＧＳＭ移動局が移動中であるとき、該移動局が訪れたシステムにおいて該ユーザーの登録が行われるときに、或いは

ユーザーが訪れたシステムから特別の要求が行われたときに、そのシステムにＲＡＮＤ、ＳＲＥＳ及びＫｃの値が転送される。Ｋｉ値はホームシステム及びユーザーのＳＩＭ以外では決して使用し得ない。

【０００９】ＩＳ－１３６及びＩＳ－９５の確認及び暗号化の処理手順は互いに同一であり、またＧＳＭの確認及び暗号化の処理手順と似ている。ＩＳ－１３６システム及びＩＳ－９５システムでは、呼びかけと応答の方法も利用される。そのＩＳ－１３６及びＩＳ－９５の方法は、”Ａキー”と呼ばれる機密保護キーを利用する。各移動局についての６４ビットのＡキーはシステムのオペレータによって決定される。各移動局についてのＡキーはその移動局の所有者のホームシステムとその移動局自体とに記憶される。最初にＡキーは米国郵便等の安全な方法で移動局の所有者に通知され得る。その所有者はキーパッドを介してそのＡキーを移動局に入力することができる。或いは、Ａキーを工場或いは点検修理の場所で移動局にプログラムすることもできる。Ａキーは、移動局及びホームシムの両方で共有される秘密データ（shared secret data（ＳＳＤ））を所定のアルゴリズムから作成するために使われる。各移動局についてのＳＳＤは、ホームシステムのオペレータのみが開始することのできるオーバー・エア・プロトコル（an over the airprotocol）の使用によってその移動局のＡキーから定期的に導出され更新され得る。

【００１０】ＩＳ－１３６及びＩＳ－９５の確認及び暗号化では、３２ビットの広域呼び掛けが該移動局のサービスエリアのシステム内で所定間隔をおいて作成されて放送される。移動局がホームシステムにおいてシステム登録／呼設定アクセスを試みるとき、該移動局においてそのＳＳＤから１８ビットの確認応答を計算するために現在の広域呼び掛け応答が使用される。その後、その確認応答とその移動局についての呼カウント値とを含むアクセス要求メッセージが該移動局からホームシステムに送られる。そのアクセス要求を受け取ると、ホームシステムは広域呼び掛け及びその移動局のＳＳＤを使ってそれ自身の応答値を計算する。確認応答と、その移動局のＳＳＤと、呼カウント値を含む他の関連データとの比較によって、その移動局が本物であると確認されれば、その移動局は登録される。

【００１１】移動局が訪問先のシステムでシステム登録／呼設定アクセスを試みるとき、現在の広域呼び掛け応答を用いて該移動局において該移動局のＳＳＤから１８ビットの確認応答を計算する。次にアクセス要求メッセージが該移動局から訪問先のシステムに送られる。訪問先のシステムでの初期登録アクセスについては、アクセス要求メッセージは移動局で計算された確認応答を含む。確認応答と広域呼び掛けとは該移動局のホームシステムに送られ、該ホームシステムはその広域呼び掛けと該移動局のＳＳＤとを使ってそれ自身の応答値を計算する。確認応答同士を比較することによってその移動局が本物であると確認されたならば、その移動局のＳＳＤと、呼カウント値を含む他の関連データとが訪問先のシステムに送られて該移動局が登録される。該移動局が関わる呼が設定されるとき、現在の確認応答値と呼カウントとが該移動局から呼設定情報とともに該システムに送られる。呼設定情報を受け取ると、訪問先のシステムは、要求をしている移動局についての記憶されているＳＳＤと呼カウント値とを検索する。その後、訪問先のシステムは、受け取ったＳＳＤ値と現在の広域呼び掛けとが該移動局で作られたのと同じ応答を作ることを確かめるために確認応答値を計算する。もしその確認応答同士と呼カウント同士とが揃うならば、その移動局は呼アクセスを許可される。通信の機密保護が希望される場合には、暗号化キー・ビットを作成するために広域呼び掛けと該移動局のＳＳＤとを入力として用いて暗号化キーが該移動局とシステムとの両方で作成される。

【００１２】ＧＳＭ、ＩＳ－１３６及びＩＳ－９５システムで使用されるような技術についての更なる背景情報が”ＩＥＥＥ個人通信”の６－１０頁の１９９５年８月付けのダン・ブラウンによる”個人通信システムにおけるプライバシー及び確認のための技術”という論文（the article "Techniques for Privacy and Authentication in Personal Communications Systems" by Dan Brown in IEEE Personal Communications, dated August 1995, at pages 6–10）に開示されている。

【００１３】ＧＳＭ、ＩＳ－１３６及びＩＳ－９５システムで使用される上記の機密キー処理手順は通信の機密を保護するものであるけれども、これらの処理手順のいずれも、傍受及び盗聴を完全に免れ得るわけではない。これらの処理手順の全てが、ユーザーのＡキー又はＫｉ値が移動局とホームシステムとの双方に知られていることを必要とする。これらの処理手順は、ユーザーのＳＳＤ又はＫｃ値が通信リンクの両端即ちシステム及び移動局の双方において知られていることをも必要とする。これらの各値がもしかすると改悪されて傍受者に知られてしまっているという可能性もあり得る。ユーザーのＫｉ又はＡキーを知っている人、或いはシステム間通信をしているユーザーのＫｃ又はＳＳＤを傍受した人は、機密保護されるべき通信を傍受し盗聴する可能性がある。また、各ユーザーのキーは、該ユーザーが通信をする基地局で利用可能であるどの、システムの基地局を通して接続している２つの移動局が関わる暗号化通信がその基地局で破られる可能性がある。

【００１４】公開キー暗号化方法は、ユーザーに公開の、即ち公然と知られ明らかにされるかも知れない暗号化キーが割り当てられるけれども、またそのユーザーにしか知られない秘密の解読キーもユーザーに割り当てられるようになっている方法である。目的の受信側ユーザーの解読キーだけがそのユーザーに宛てられた暗号化さ

れたメッセージを解読することができる。即ちその目的の受信側ユーザーの暗号化キーを使って暗号化されたメッセージを解読することができる。公開キー暗号化通信システムでは、ユーザーは解読キーを基地局やシステムから隠して自分で保管しておくことを許されるであろう。メッセージを解読するのに必要なキーを知っているのは受信側のユーザーだけであるので、公開キー暗号化方法は、例えばＧＳＭ、ＩＳ－１３６、或いはＩＳ－９５で使われている現在の暗号化技術で得られるよりも一層安全な通信を提供することができる。

【００１５】在来の公開キー暗号化方法を使用するセルラーシステムでは、移動局Ｘが暗号化されたメッセージを移動局Ｙに送るとすると、移動局Ｘは、移動局Ｙのための公開暗号化キーと、移動局Ｙの暗号化キーとともに使用されなければならないアルゴリズムとの両方を知る必要がある。移動局Ｘが移動局Ｙの暗号化キーとアルゴリズムとを使ってメッセージを暗号化することができることも必要であろう。在来の公開キー暗号化方法のこれらの要件は、場合によってはセルラーシステムで使用するに当たって或る種の困難を引き起こしたり、或いは余り適していないかも知れない。

【００１６】

【発明が解決しようとする課題】公開キー暗号化法を使用するに当たっての１つの難点は、暗号化と解読とに必要な計算が秘密キーシステムで必要とされるよりも遥かに多量の計算資源を必要とするかも知れないことである。移動局ではその様な計算資源には限りがあるかも知れない。二人の移動局ユーザーが各々異なる暗号化／解読アルゴリズムを使ってメッセージを秘密裏に交換したいと望む場合には資源に関する要件はもっと大きくなり得る。例えば、移動中の移動局のホームシステムのアルゴリズムとは異なる自分独自のアルゴリズムを実行するための手段をシステムオペレータが備えているシステムにその移動中の移動局が入り込んだときなどには、前記のように資源に関する要件が大きくなるかも知れない。この場合、どの移動局も、他のユーザーのアルゴリズムで暗号化を行うとともにその移動局のユーザーのアルゴリズムで解読を行うことができなければならないであろう。例えば、暗号化するために使われるアルゴリズムが、その暗号化を実行する移動局で利用し得るよりも多量の計算資源を必要とするならば、その様な要件を満たすのは困難であるかも知れない。また、特定のアルゴリズムを実行するためのコード及びデータを各移動局に記憶させておく or 或いは暗号化開始前に該移動局に送信しなければならないであろうから、移動局の計算資源に対する要求が更に大きくなる。

【００１７】セルラーシステムで公開キー暗号化法を使用することについてのもう一つの潜在的難点は、メッセージを送信側移動局或いは受信側移動局だけが利用し得ることを保証するために送信側の移動局が受信側移動局の暗号化キーを知っていなければならないということである。或る種の公開キー暗号化法では暗号化キーは各々非常に大きい可能性があり、それは場合によっては数列であり、受信側となる可能性のある全ての移動局のための暗号化キーを１つの移動局に記憶させるのは困難であるかも知れない。受信側の移動局のキーがもし非常に大きければ、例えば呼設定時などに、必要に応じて送信側移動局に送ることも困難であるかも知れない。

【００１８】

【課題を解決するための手段】本発明は、公開キー暗号化法を使用する通信システムにおいて機密保護メッセージを送る方法を提供する。この方法は、ユーザーの解読キーがそのユーザーの送受信装置においてのみ知られることとなるように実施される。この方法は、ユーザーの送受信装置がそのユーザーの暗号化／解読アルゴリズムと暗号化キーとを使用できるだけでよいようにも実施される。これは、特別のシーケンスを用いて２つの送受信装置間でメッセージを交換することにより実行される。この方法は、機密キー法の使用に伴う機密保護問題を回避し、各移動局がそれ自身の公開キー暗号化／解読アルゴリズムのみを実行できるようにする。この方法では、在来の公開キー暗号化法の場合のように送受信装置が目的の受信側送受信装置の暗号化キーとアルゴリズムとを使って暗号化を実行できることを必要としない。従って、送受信装置の計算資源を特定の１つのアルゴリズム向けに最適化することができる。

【００１９】この方法は、各移動局或いは通信網が各々異なる暗号化／解読アルゴリズムを使用する２つの移動局間又は移動局及びセルラー通信網の間で機密保護メッセージが交換されるときに非常に安全なショートメッセージサービス（ＳＭＳ）テレサービスを提供するのに役立つ。この方法は、計算量の比較的に少ない機密キーアルゴリズムを使って音声伝送などの比較的に長い通信を行えるように、通信を行う２つの移動局間で或いは移動局と通信網との間で機密キーを交換するのにも役立つ。また、１つの移動局から他の移動局又は通信網へ機密保護確認符号定数（a secure authenticatication signature）を送るためにこの方法を使用することもできる。

【００２０】本発明の或る実施例では、２つのユーザー間で交換されるメッセージのポイント間暗号化法が少なくとも１つの基地局と複数の移動局とを有する通信システムで実施される。このポイント間実施例では、該システムの基地局では解読は行われない。移動局Ｍｉのユーザーには、公然と知られる（システムに知られる）暗号化キーＥｍｉと移動局Ｍｉにおいてのみ知られる解読キーＤｍｉとが割り当てられる（”暗号化キーＥｍｘ”及び”解読キーＤｍｘ”という用語は、ここではアルゴリズムとその１つのアルゴリズムで使用される１つの値との両方を指す、即ちＥｍｘは暗号化キー値を使用する暗号化／解読アルゴリズムであり、Ｄｍｘは解読キー値を使用する

暗号化／解読アルゴリズムである）。移動局Ｍ２の他のシステムユーザーには、公然と知られる暗号化キーＥｍ２と、移動局Ｍ２においてのみ知られる解読キーＤｍ２とが割り当てられ、ここでＤｍ１Ｅｍ２＝Ｅｍ２Ｄｍ１である。Ｄｍ１Ｅｍ２＝Ｅｍ２Ｄｍ１は、始めにＤｍ１をメッセージに適用し次にＥｍ２を適用するということは始めにＥｍ２を次にＤｍ１をメッセージに適用することと同じであるという制限を課すものである。Ｍ１のみかＤｍ１を知っており、Ｍ２のみがＤｍ２を知っている。また、Ｍ１はＥｍ１とＭ１の特別の暗号化／解読アルゴリズム（Ａ１）とを知っているだけで良く、Ｍ２はＥｍ２とＭ２の特別の暗号化アルゴリズム（Ａ２）とを知っているだけで良い。

【００２１】移動局Ｍ１を持っているユーザーが移動局Ｍ２のユーザーに機密保護通信メッセージｃを送りたいとき、その通信メッセージｃはＭ１においてＥｍ１及びＡ１を用いて暗号化されてメッセージＥｍ１（ｃ）となる。Ｍ１はこのＥｍ１（ｃ）をシステムの基地局Ｂ１に送る。基地局Ｂ１はこのEm_2とA_2とを用いてＥｍ１（ｃ）を暗号化してメッセージEm_2（Ｅｍ１（ｃ））を作成し、それをＭ１に送り戻す。次にＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））はＭ１においてＤｍ１及びＡ１を用いて解読される。Ｄｍ１Ｅｍ２＝Ｅｍ２Ｄｍ１であるので、Ｄｍ１を用いてＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））を解読するとＥｍ２（ｃ）が得られる。Ｍ１はＥｍ２（ｃ）をＢ１に送る。Ｂ１は、移動局Ｍ２が存在している区域を管理する基地局Ｂ２にＥｍ２（ｃ）を送る。次にＥｍ２（ｃ）は移動局Ｍ２に送られて移動局Ｍ２によってこのDm_2及びA_2で解読されて、移動局Ｍ１から移動局Ｍ２に送られた通信メッセージｃとなる。

【００２２】本発明の他の実施例では、２つの移動局間での非ポイント間暗号化法が通信システムで実施される。移動局Ｍ１のシステムユーザーには、公然と知られる（システムに知られる）暗号化キーＥｍ１と、移動局Ｍ１においてのみ知られる解読キーＤｍ１とが割り当てられる。Ｍ１は暗号化／解読アルゴリズムＡ１を使用する。移動局Ｍ２の他のシステムユーザーには、公然と知られる暗号化キーＥｍ２と、移動局Ｍ２においてのみ知られる解読キーＤｍ２とが割り当てられる。Ｍ２は暗号化／解読アルゴリズムＡ２を使用する。また、システムの各基地局Ｂｘには、公然と知られる暗号化キーＥｂｘと基地局Ｂｘのみが知る解読キーＤｂｘとが割り当てられる。各基地局はアルゴリズムＡｂｘに従って暗号化／解読を行う。キーは、互いに通信する基地局Ｂｘと移動局Ｍｘとのいずれの対についてもＤｍｘＥｂｘ＝ＥｂｘＤｍｘとなるように選択される。

【００２３】この実施例では、移動局Ｍ１を持っているユーザーが機密保護通信メッセージｃを移動局Ｍ２のユーザーに送ることを望んでいるとき、通信メッセージｃはＭ１でＥｍ１及びＡ１を用いて暗号化されてメッセージＥｍ１（ｃ）となる。Ｍ１はこのＥｍ１（ｃ）をシステムの基地局Ｂ１に送る。基地局Ｂ１はＥｂ１及びＡｂ１を用いてＥｍ１（ｃ）を作り、それをＭ１に送る。Ｅｂ１（Ｅｍ１（ｃ））は次にＭ１においてＤｍ１及びＡｍ１を用いて解読される。Ｄｍ１Ｅｂ２＝Ｅｂ２Ｄｍ１であるので、Ｄｍ１を用いてＥｂ１（Ｅｍ１（ｃ））を解読するとＥｂ１（ｃ）が得られる。次にＭ１はＥｂ１（ｃ）をＢ１に送る。Ｂ１は、Ｄｂ１及びＡｂ１を用いてＥｂ１（ｃ）を解読してｃを作り、移動局Ｍ２が位置している地域を管理する基地局Ｂ２にｃを送る。次にＢ２とＭ２との間で通信メッセージｃはＭ１とＢ１との間での転送について述べたのと全く同様に暗号化されるが、この場合、Ｂ２、Ｅｂ２、Ｄｂ２及びＡｂ２がＭ１、Ｅｍ１、Ｄｍ１及びＡｍ１に代わり、Ｍ２、Ｅｍ２、Ｄｍ２及びＡｍ２がＢ１、Ｅｂ１、Ｄｂ１及びＡｂ１に代わる。

【００２４】以下の詳細な説明を添付図面と関連させて読めば本発明の方法を一層充分に理解できる。

【００２５】

【発明の実施の形態】図１は本発明の実施例に従って構成された通信システム１００のブロック図である。システム１００は、基地局Ｂ１及びＢ２、陸線遠信網１４２、及び移動局Ｍ１及びＭ２から成る。２つの基地局と２つの移動局とを包含するものとして図示されているけれども、システム１００は図１に示されているより多数或いは少数の基地局或いは移動局から成っていてもよい。移動局Ｍ１及びＭ２は、Ｍ１又はＭ２のユーザーと他の移動電話との間、或いはユーザーと陸線遠信網１４２に接続された陸線電話との間で音声通信を提供する移動電話であってもよい。移動局Ｍ１及びＭ２は、個人通信装置或いは無線モデムを通して動作するラップトップ型コンピュータなどの、システム１００についてのシステム規格に従って動作することのできる他の随意の種類の移動通信装置であってもよい。陸線通信網１４２は、公衆交換電話回線網（ＰＳＴＮ）、或いは、呼経路選択、登録、及びシステム１００内での移動局の１つの基地局から他の基地局へのハンドオフを制御するための移動交換センターを包含するシステム１００のための私設陸線通信網であってもよい。システム１００では、移動局Ｍ１及びＭ２はＲＦリンクを通してシステム１００の基地局と通信しながらシステム１００の通達範囲の中を動き回ることができる。図１では、移動局Ｍ１及びＭ２は、それぞれＲＦリンク１４４及び１４６を介して基地局Ｂ１及びＢ２とそれぞれ通信しているものとして示されている。システム１００は、ＲＦリンクを介して移動局Ｍ１及びＭ２と基地局Ｂ１及びＢ２との間にデジタルインターフェースを提供する如何なる通信システム規格に従って動作してもよい。デジタル通信システムの設計及び動作は公知であるので、ここでは詳しくは説明しな

い。システム１００はいろいろな方法で具体化され得る。例えば、システム１００のデジタルＲＦインターフェースは、通信産業協会／電子産業協会（(Telecommunications Industry Association/Electronic Industry Association（ＴＩＥ／ＥＩＡ）のＩＳ－１３６，ＩＳ－９５，及びＰＣＳ１９００規格或いはＧＳＭ規格に類似する規格に従って動作することができる。

【００２６】移動局Ｍ１は、システム１００の基地局と無線信号をやりとりするためのアンテナ１０２に結合されたトランシーバー・ユニット１０４を包含している。移動局Ｍ１はユーザーインターフェース１０８を包含しているが、それはコンピュータ・キーボードであるか、或いはキーパッド、マイクロホン及び受話口の付いている移動電話の送受器であり得る。移動局Ｍ１の制御ユニット１０６は、ＲＦチャネル選択及びその他のシステム機能を通常の方法で制御し、論理ユニット１１２は該移動局の全般的動作を制御する。通信の機密保護を行うために使われる暗号化及び解読の機能を実現し実行するために論理ユニット１１２を利用することができる。ディスプレイ１１０は、移動局Ｍ１のユーザーに総合的視覚インターフェースを提供するものであり、論理ユニット１１２により制御される。移動局Ｍ２はトランシーバー・ユニット１１６、ユーザーインターフェース１２０、制御ユニット１１８、論理ユニット１２４、及びディスプレイ１２２を包含しており、これらは各々移動局Ｍ１の対応するセクションについて記載したのと同じ機能を持っている。

【００２７】基地局Ｂ１は移動局と無線信号をやりとりするためのアンテナ１３４に結合されたトランシーバー・ユニット１３６を包含している。Ｂ１は制御ユニット１３８及び処理装置１４０も包含している。制御ユニット１３８は、移動局への適当な制御メッセージを作成することによってＲＦチャネル選択及び割り当てを制御するとともに、陸線通信網１４２とのインターフェーシングなどの他の所要のシステム機能も制御する。通信の機密保護のために使われる暗号化及び解読の機能を実現し実行するために処理装置１４０を利用することができる。基地局Ｂ２はトランシーバー・ユニット１２８、アンテナ１２６、制御ユニット１３０及び処理装置１３２を包含しており、これらは各々基地局Ｂ１の対応するセクションについて説明した機能を持っている。

【００２８】本発明の１つの実施例では、暗号化されたメッセージをシステム１００において途中で解読されることなく１つのユーザーから他のユーザーに渡すことができる。２移動局間、基地局及び移動局の間、及び、移動局と遊宜の装備を持った陸線加入者局との間を含む、システム内の随意の２ポイント間でのポイント間通信を提供するためにこの実施例を使用することができる。

【００２９】ポイント間メッセージ伝送を安全に行うために、システム１００の各移動局Ｍxに、公然と知られる暗号化キーＥｍｘと移動局Ｍxにおいてのみ知られる解読キーＤｍｘとが割り当てられる。通信を希望している任意の２移動局Ｍ１及びＭ２について、Ｄｍ１Ｅｍ２はＥｍ２Ｄｍ１と等しくなければならない。しかし、Ｍ１及びＭ２の各々により使用される暗号化アルゴリズムは異なっていてもよい。ＭＳ１のユーザーがＭＳ２のユーザーに機密保護通信メッセージｃを送ることを希望しているとき、通信メッセージｃはＭＳ１においてＥｍ１及びＡｍ１で暗号化されて暗号化メッセージＥｍ１（ｃ）が作られる。ＭＳ１はこのＥｍ１（ｃ）をシステムの基地局Ｂ１に送る。基地局Ｂ１はこれ２及びＡｍ２を用いてＥｍ１（ｃ）を暗号化してメッセージＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））を作り、これをＭＳ１に送る。次にＭＳ１はＤｍ１及びＡｍ１を用いてＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））を解読する。Ｄｍ１Ｅｍ２＝Ｅｍ２Ｄｍ１であるので、Ｄｍ１を用いてＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））を解読するとＥｍ２（ｃ）が得られる。ＭＳ１はこのＥｍ２（ｃ）をＢ１に送る。Ｂ１はこのＥｍ２（ｃ）を、ＭＳ２が位置している地域を管理する基地局Ｂ２に送る。次にＥｍ２（ｃ）はＭＳ２に送られて、ＭＳ２によってＤｍ２及びＡｍ２で解読されて、ＭＳ１によりＭＳ２に送られる解読済み通信メッセージｃが作られる。

【００３０】ここで図２を参照すると、本発明の実施例の通信システム内でポイント間暗号化通信を行うために実行されるプロセスステップを示す流れ図が示されている。実例として、図１の移動局Ｍ１と移動局Ｍ２との間の暗号化メッセージ転送の場合を用いてこのプロセスを説明するが、Ｍ１はラビンのアルゴリズム（Rabin algorithm）を使用し、Ｍ２はライベスト、シャミル及びエイドルマン（ＲＳＡ）のアルゴリズム（Rivest, Shamir and Adleman (RSA) algorithm）を使用する。ラビンのアルゴリズムについての予備的説明が、１９９５年にＣＲＣにより刊行されたスティンソン（Stinson）の書籍“暗号法の理論と実際”（“Cryptography, Theory and Practice”）の１４３－１４８頁に記載されている。ＲＳＡアルゴリズムについての詳しい解説が１９９６年にジョン・ワイリイ・アンド・サンズ（John Wiley and Sons）から刊行されたリンチ等（Lynch et al.）の書籍“デジタルマネー”（“Digital Money”）の７６－８６頁に記載されている。

【００３１】移動局Ｍ１のためのキー関数ＥｍｌおよびＤｍｌをラビンの基準に従って選択することができる。ラビンのアルゴリズムでは、この例では、選択された所定の数Ｎを用いて２つの素数ｐ及びｑが選ばれ、ここで$p \times q = N$であり、$p = 4k1 + 3$であり、$q = 4k2 + 3$であり、このｋ１及びｋ２は定数である。Ｎは公然と知られてもよいが、ｐ及びｑは秘密に保たれなければならない。ＥｍｌはＥｍ１（ｃ）＝$(c)^{1} \bmod N$と定義され、ＤＭｌはＤＭ１（ｃ）＝$c^{1/1} \bmod N$と定義され、このｃは送信されるべきメッセージであ

る。ＤＭ１（ｃ）をｃ$^{1/2}$ について解くために、解ｘ１＝±ｃ$^{(p+1)/4}$、及びｘ２＝±ｃ$^{(q+1)/4}$を用いて方程式ｘ^{2}＝ｃ　ｍｏｄ　ｐとｘ^{2}＝ｃ　ｍｏｄ　ｑとを解く。２つの値ａ及びｂがａｐ＋ｂｑ＝１となることが分かったならば、方程式ｃ$^{1/2}$＝ｂｑｘ１＋ａｐｘ２　ｍｏｄ　Ｎによってｃ$^{1/2}$を発見することができる。

【００３２】移動局Ｍ２についてのキー関数Ｅｍ２、Ｄｍ２をアイミール、シャミル及びエイドルマン（ＲＳＡ）の基準に従って選択することができる。ＲＳＡでは２つの（大きな）素数ｐ及びｑが始めに選択され、ここでｐ×ｑ＝Ｎである。この実施例では、Ｍ２のためのＮはＭ１のために使われるＮに等しい。それ故にＤｍ１Ｅｍ２＝Ｄｍ２Ｅｍ１という条件を満たすのが簡単である。しかし、Ｄｍ１Ｅｍ２＝Ｅｍ２Ｄｍ１である限りは、Ｎの他の値を使ってもよい。その場合、２つの他の値ａ２及びｂ２が選択され、ここで（ａ２）（ｂ２）＝１　ｍｏｄ　（ｐ－１）（ｑ－１）である。Ｎ及びａ２は公開されてもよく、ｂ２は秘密に保たれなければならない。このとき、Ｅｍ２及びＤｍ２はＥｍ２（ｃ）＝（ｃ）^{e2}　ｍｏｄＮ、及びＤｍ２＝（ｃ）^{b2}ｍｏｄ　Ｎと定義される。

【００３３】プロセスはステップ２００から始まり、ここで暗号化プロセスがＭ１で開始される。ステップ２０２において、Ｅｍ１及びＡｍ１を用いて論理ユニット１１２により通信メッセージｃが暗号化されて暗号化メッセージＥｍ１（ｃ）＝（ｃ）^{e}　ｍｏｄ　Ｎが作られる。プロセスはステップ２０４に移行し、ここでＥｍ１（ｃ）はトランシーバー・ユニット１０４を通してＭ１からＢ１へ送信される。トランシーバー・ユニット１３６を通してＥｍ１（ｃ）を受け取った後、Ｂ１の処理装置１４０はステップ２０６でＥｍ２及びＡｍ２を用いてＥｍ１（ｃ）を暗号化して暗号化メッセージＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））＝（（ｃ）^{e1}）^{e2}　ｍｏｄＮを作る。プロセスは次にステップ２０８に移り、ここでＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））がＢ１からＭ１に送られる。次にステップ２１０において、Ｂ１からＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））を受け取った後、Ｍ１の論理ユニット１１２は前記の様にＡｍ２（ラビンのアルゴリズム）を用いてＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））を解読する。（Ｅｍ２（Ｅｍ１（ｃ）））$^{1/2}$＝（（（ｃ）^{e1}）^{e2}）$^{1/2}$である。作られたＤｍ１（Ｅｍ２（Ｅｍ１（ｃ）））は（ｃ）^{e2}　ｍｏｄ　Ｎ、即ち暗号化メッセージＥｍ２（ｃ）に等しい。

【００３４】次に、ステップ２１２において、Ｍ１のトランシーバー・ユニット１０４は暗号化メッセージＥｍ２（ｃ）をＢ１に送る。次に、ステップ２１４において、Ｂ１の制御ユニット１３８は陸線通信網１４２を通してＥｍ２（ｃ）をＢ２の制御ユニット１３０に送る。このメッセージは暗号化されているので、これは安全な通信である。次にステップ２１６において、Ｂ２の制御ユニット１３０を通してＥｍ２（ｃ）を受け取った後、トランシーバー・ユニット１２８はＥｍ２（ｃ）をＭ２に送る。ステップ２１８でＥｍ２（ｃ）はＭ２の処理装置１３２でＤｍ２及びＡｍ２を用いて解読されてＤｍ２（Ｅｍ２（ｃ））＝（（ｃ）^{e1}）^{b2}　ｍｏｄＮ、即ちＤｍ２（Ｅｍ２（ｃ））＝ｃが作られる。このときＭ２は解読済み通信メッセージｃを受け取ったことになる。

【００３５】本発明の他の実施例では、システム１００において１つのユーザーから他のユーザーにメッセージを転送するために非ポイント間法が使用される。この実施例では、送信側ユーザーと通信している基地局でそのメッセージが解読される。その後、そのメッセージは該メッセージの受取手と通信している基地局に送られて解読されて該メッセージの受取手に送られる。この実施例では、通信を行っている移動局或いは基地局の各々がそれ自身の暗号化キーと暗号化／解読アルゴリズムとを知っているだけで良い。通信を行っているエンティティーは、通信を行っている他のいずれのエンティティーの暗号化アルゴリズムを知らなくてもよいし、またそれを実行できなくてもよい。

【００３６】一般に、この実施例では、各移動局Ｍｘに暗号化キーＥｍｘと解読キーＤｍｘとが割り当てられる。Ｄｍｘは移動局ｘにおいてのみ知られる。システム１００の各基地局Ｂｘには暗号化キーＥｂｘと解読キーＤｂｘとが割り当てられる。Ｄｂｘは基地局Ｂｘにおいてのみ知られる。互いに通信することを望んでいる移動局Ｍｘ及び基地局Ｂｙの任意の対について、ＤｍｘＥｂｙはＥｂｙＤｍｘに等しくなければならない。

【００３７】Ｍ１のユーザーが機密保護通信メッセージｃをＭ２のユーザーに送ることを望んでいるとき、通信メッセージｃはＭ１によりＥｍ１及びＡｍ１を用いて暗号化されてメッセージＥｍ１（ｃ）が作られる。Ｍ１はこの Ｅｍ１（ｃ）をシステムの基地局Ｂに送る。その後、基地局Ｂ１はＥｂ１及びＡｂ１を用いてＥｍ１（ｃ）を暗号化してメッセージＥｂ１（Ｅｍ１（ｃ））を作り、これをＭ１に送る。次にＭ１はＤｍ１及びＡ１を用いてＥｂ１（Ｅｍ１（ｃ））を解読する。Ｄｍ１Ｅｂ１＝Ｄｂ１Ｅｍ１であるので、Ｄｍ１及びＡ２を用いてＥｂ１（Ｅｍ１（ｃ））を解読するとＥｂ１（ｃ）が得られる。Ｍ１はこの Ｅｂ１（ｃ）をＢ１に送る。Ｍ１はこの時点でＢ１に正しいＥｂ１（ｃ）を送る唯一のユーザーであり得る。Ｂ１はＤｂ１及びＡｂ１を用いてＥｂ１（ｃ）を解読してｃを作る。次にＢ１は、システムを通して、ユーザーＭ２が位置している地域を管理する基地局Ｂ２にｃを送る。次にＢ２とＭ２との間で通信メッセージとはＭ１とＢ１との間での転送について述べたのと全く同様に暗号化され得るが、この場合、Ｂ２、Ｅｂ２、Ｄｂ２及びＡｂ２がＭ１、Ｅｍ１、Ｄｍ１及びＡｍ１に代わり、Ｍ２、Ｅｍ２、Ｄｍ２及びＡｍ２がＢ１、Ｅｂ１、Ｄｂ１及びＡｂ１に代わる。

【００３８】図３を参照すると、本発明の実施例の通信

システム内で非ポイント間暗号化通信を提供するために行われるプロセスステップを示す流れ図が示されている。図３の流れ図を使って、図１の移動局Ｍ１と移動局Ｍ２との間での暗号化メッセージ転送の場合を説明することができる。この例では、Ｍ１及びＭ２はラビンのアルゴリズムを使用し、Ｂ１及びＢ２はＲＳＡアルゴリズムを使用する。図３で使用されるプロセスでは、Ｍ１及びＭ２は基地局で使用されるＲＳＡアルゴリズムを使用しなくてもよい。

【００３９】移動局Ｍｙのキー関数Ｅｍｙ、Ｄｍｙはラビンの基準に従って選択され得る。この例についてのラビンのアルゴリズムでは、選択された数Ｎを用いて２つの素数ｐ及びｑが選択され、ここでｐ×ｑ＝Ｎであり、ｐ＝４ｋ１－３であり、ｑ＝４ｋ２－３であり、ｋ１及びｋ２は定数である。Ｎは公然と知られてもよく、ｐ及びｑは秘密に保たれなければならない。ＥｍｙはＥｍｘ（ｃ）＝（ｃ）^{2} ｍｏｄ　Ｎと定義され、ＤＭｙはＤＭｙ（ｃ）＝ｃ$^{(p+1)/4}$ｍｏｄ　Ｎと定義される。ＤＭｙ（ｃ）をｃについて解くために、解ｘ１＝±ｃ$^{(p+1)/4}$、及び、ｘ２＝±ｃ$^{(q+1)/4}$を用いて方程式ｘ^{2}＝ｃ　ｍｏｄ　ｐ、及び、ｘ^{2}＝ｃ　ｍｏｄ　ｑを解く。２つの値ａ及びｂがａｐ＋ｂｑ＝１であることが分かったならば、方程式ｃ$^{1/2}$＝ｂｑｘ１＋ａｐｘ２　ｍｏｄ　Ｎによりｃを見いだすことができる。

【００４０】基地局ｘについてのキー関数Ｅｂｘ及びＤｂｘをライベスト、シャミル及びエイドルマン（ＲＳＡ）の基準に従って選択することができる。ＲＳＡでは、始めに２つの（大きな）素数ｐ及びｑが選択され、ここでｐ×ｑ＝Ｎである。次に他の２つの値ａｘ及びｂｘが選択され、ここで（ａｘ）（ｂｘ）＝１　ｍｏｄ　（ｐ－１）（ｑ－１）である。Ｅｂｘ及びＤｂｘは、Ｅｂｘ（ｃ）＝（ｃ）^{ax}　ｍｏｄ　Ｎ、Ｄｂｘ＝（ｃ）^{bx}　ｍｏｄ　Ｎと定義される。この実施例では、Ｂ１についてのＮはＭ１に使用されるＮに等しく、Ｂ２についてのＮはＭ２に使用されるＮに等しい。それ故に、ＤｍｌＥｂｌ＝Ｅｂ１Ｄｍ１という条件を満たすのが容易になる。しかし、ＤｍｌＥｂ１＝Ｅｂ１Ｄｍ１であり、且つＤｍ２Ｅｂ２＝Ｅｂ２Ｄｍ２である限りは、Ｎの他の値を使用してもよい。

【００４１】プロセスはステップ３００から始まり、ここで暗号化プロセスが開始される。次にステップ３０２で、通信メッセージｃはＭ１の論理ユニット１１２でＥｍ１及びＡｍ１を用いて暗号化され、暗号化メッセージＥｍ１（ｃ）＝（ｃ）^{e}ｍｏｄ　Ｎが作られる。次にステップ３０４に移行し、ここでＥｍ１（ｃ）はトランシーバー・ユニット１０４を通してＭ１からＢ１に送られる。ステップ３０６で、トランシーバー・ユニット１３６を通してＥｍ１（ｃ）を受け取った後、Ｂ１はＥｂ１及びＡｂ１を用いてＥｍ１（ｃ）を暗号化して、暗号化メッセージＥｂ１（Ｅｍ１（ｃ））＝（（ｃ）^{e}）^{d}ｍｏｄ　Ｎを作る。プロセスは次にステップ３０８に移行し、ここでＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））はトランシーバー・ユニット１３６を通してＭ１からＢ１に送られる。次に、ステップ３１０において、トランシーバー・ユニット１０４を通してＢ１からＥｍ２（Ｅｍ１（ｃ））を受け取った後、前述したようにＭ１の論理ユニット１１２はＤｍ１及びラビンのアルゴリズムを用いてＥｂ２（Ｅｍ１（ｃ））を解読する。Ｅｂ２（Ｅｍ１（ｃ））$^{1/2}$＝（（（ｃ）^{e}）^{d}）$^{1/2}$。作られたメッセージＤｍ１（Ｅｂ２（Ｅｍ１（ｃ）））は（ｃ）^{ed} ｍｏｄ　Ｎ、即ち暗号化メッセージＥｂ２（ｃ）に等しい。

【００４２】次に、ステップ３１２において、Ｍ１はトランシーバー・ユニット１０４を通して暗号化メッセージＥｂ１（ｃ）をＢ１に送り、ステップ３１４においてＢ１の処理装置１４０はＤｂ１を用いてＥｂ１（ｃ）を解読してＤｂ１（Ｅｂ１（ｃ））＝（（ｃ）^{e1}）^{b1}ｍｏｄ　Ｎ＝ｃを作る。処理装置１４０で通信メッセージｃが解読された後、プロセスはステップ３１６に移行し、ここで通信メッセージｃは基地局Ｂ１の制御ユニット１３８から陸線通信網１４２を通して基地局Ｂ２の制御ユニット１３０に送られる。Ｂ２とＭ２との間での通信メッセージｃの伝送は、Ｍ１及びＢ１の間での転送について述べたのと全く同様に行われ得る。それはステップ３１８－３３０で説明されており、それらはステップ３０２－３１４と同一であり、Ｂ２、Ｅｂ２、Ｄｂ２及びＡｂ２がＭ１、Ｅｍ１、Ｄｍ１及びＡｍ１に代わり、Ｍ２、Ｅｍ２、Ｄｍ２及びＡｍ２がＢ１、Ｅｂ１、Ｄｂ１及びＡｂ１に代わる。

【００４３】本発明の教示内容は前記の通信規格での使用のみに限定されると解されてはならず、類似の如何なるシステムをも包含すると解されるべきである。更に、上で明示的に開示した暗号化アルゴリズム以外の暗号化アルゴリズムを使用して本発明を実施してもよい。

【００４４】本発明は、その好ましい実施例に関して具体的に図示され解説されており、本発明の範囲から逸脱することなく形及び細部に変更を加え得ることが当業者に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施例に従って構成された通信システムのブロック図である。

【図２】本発明の実施例の通信システム内でポイント間暗号化通信メッセージを提供するために行われるプロセスステップを示す流れ図である。

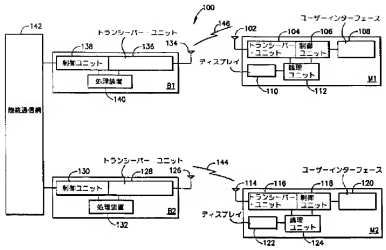
【図３】本発明の実施例の通信システム内で非ポイント間暗号化通信メッセージを提供するために行われるプロセスステップを示す流れ図である。

【符号の説明】

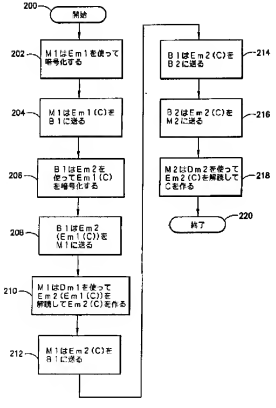
Ｂ１、Ｂ２…基地局

Ｍ１、Ｍ２…移動局

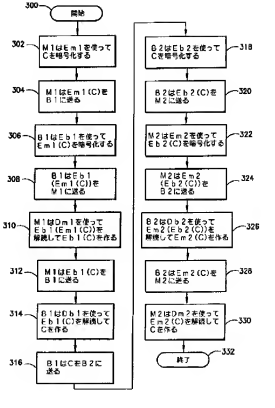
【図１】


100
142
146
ユーザーインターフェース
トランシーバー ユニット
102
104
106
108
138
134
制御ユニット
トランシーバー ユニット
制御ユニット
ディスプレイ
処理装置
B1
通信ユニット
M1
無線通信網
110
112
140
トランシーバー ユニット
144
ユーザーインターフェース
130
128
126
114
116
118
120
制御ユニット
トランシーバー ユニット
制御ユニット
処理装置
ディスプレイ
通信ユニット
B2
M2
122
124
132

【図２】


200
開始
202
M1はEm1を使って暗号化する
204
M1はEm1(C)をB1に送る
206
B1はEm2を使ってEm1(C)を暗号化する
208
B1はEm2(Em1(C))をM1に送る
210
M1はDm1を使ってEm2(Em1(C))を解読してEm2(C)を作る
212
M1はEm2(C)をB1に送る
214
B1はEm2(C)をB2に送る
216
B2はEm2(C)をM2に送る
218
M2はDm2を使ってEm2(C)を解読してCを作る
220
終了

【図３】


300
開始
302
M1はEm1を使ってCを暗号化する
304
M1はEm1(C)をB1に送る
306
B1はEb1を使ってEm1(C)を暗号化する
308
B1はEb1(Em1(C))をM1に送る
310
M1はDm1を使ってEb1(Em1(C))を解読してEb1(C)を作る
312
M1はEb1(C)をB1に送る
314
B1はEb1を使ってEb1(C)を解読してCを作る
316
B1はCをB2に送る
318
B2はEb2を使ってCを暗号化する
320
B2はEb2(C)をM2に送る
322
M2はEm2を使ってEb2(C)を暗号化する
324
M2はEm2(Eb2(C))をB2に送る
326
B2はDb2を使ってEm2(Eb2(C))を解読してEm2(C)を作る
328
B2はEm2(C)をM2に送る
330
M2はDm2を使ってEm2(C)を解読してCを作る
332
終了

US005909491A

United States Patent [19]

Luo

[11] Patent Number: 5,909,491

[45] Date of Patent: Jun. 1, 1999

[54] **METHOD FOR SENDING A SECURE MESSAGE IN A TELECOMMUNICATIONS SYSTEM**

[75] Inventor: **Tie Luo**, Arlington, Tex.

[73] Assignee: **Nokia Mobile Phones Limited**, Espoo, Finland

[21] Appl. No.: **08/744,682**

[22] Filed: **Nov. 6, 1996**

[51] **Int. Cl.**[6] **H04L 9/08**

[52] **U.S. Cl.** **380/21**; 380/30; 380/49; 455/410

[58] **Field of Search** 455/26, 410; 380/30, 380/49, 21

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,411,017 10/1983 Talbot 455/411

OTHER PUBLICATIONS

Bruce Schneier, Applied Cryptography, Book, pp. 516–517, Oct. 18, 1995.

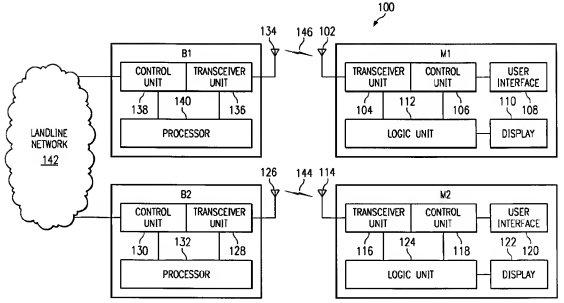
Menezes, Oorschot, Vanstone, Handbook of Applied Cryptography, Chapter 8, Oct. 1996.

Primary Examiner—Gail O. Hayes
Assistant Examiner—Ho S. Song
Attorney, Agent, or Firm—Brian T. Rivers

[57] **ABSTRACT**

A method for sending a secure message in a telecommunications system using public encryption keys. A sending transceiver encrypts the message c using the sender's own public encryption key Ex to generate Ex(c), and, transmits the encrypted message Ex(c) to a receiving transceiver. The receiving transceiver then encrypts the encrypted message Ex(c) using the encryption key Ey of the intended receiver of the message to generate the message Ey(Ex(c)), and, transmits the message Ey(Ex(c)) back to the sending transceiver. The sending transceiver then decrypts the message Ey(Ex(c)) using sender's private decryption key to generate Dx(Ey(Ex(c)))=Ey(c), and, transmits the message Ey(c) back to the receiving transceiver. The receiving transceiver then either decrypts the message using its own decryption key Dy, if it is the intended receiver of the message, to generate Dy(Ey(c))=c, or, forwards the message on to the intended receiver of the message, if it is not the intended receiver of the message, where the intended receiver decrypts the message using its own decryption key Dy.

10 Claims, 2 Drawing Sheets



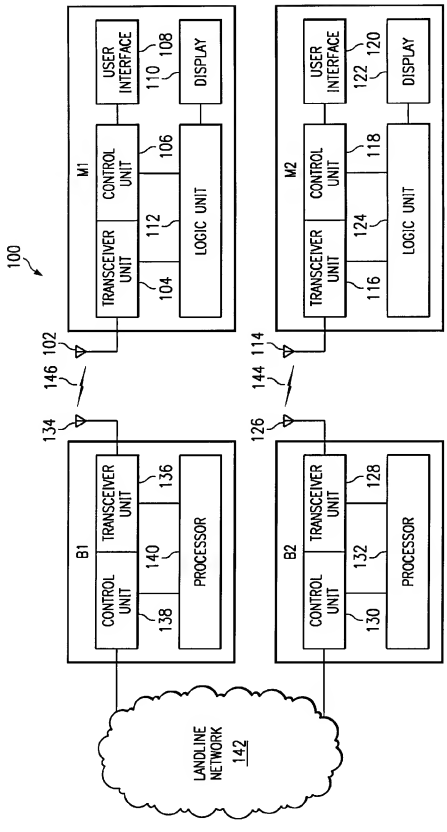

100
M1
TRANSCEIVER UNIT
104
CONTROL UNIT
106
USER INTERFACE
108
110
LOGIC UNIT
112
DISPLAY
102
146
134
M2
TRANSCEIVER UNIT
116
CONTROL UNIT
118
USER INTERFACE
120
122
LOGIC UNIT
124
DISPLAY
114
144
126
B1
TRANSCEIVER UNIT
136
CONTROL UNIT
138
PROCESSOR
140
B2
TRANSCEIVER UNIT
128
CONTROL UNIT
130
PROCESSOR
132
LANDLINE NETWORK
142

FIG. 1

FIG. 2

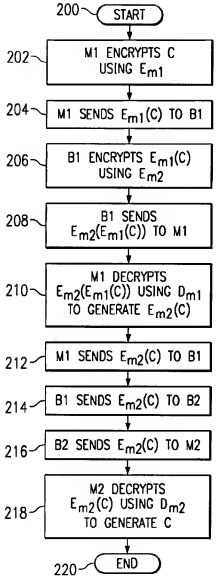
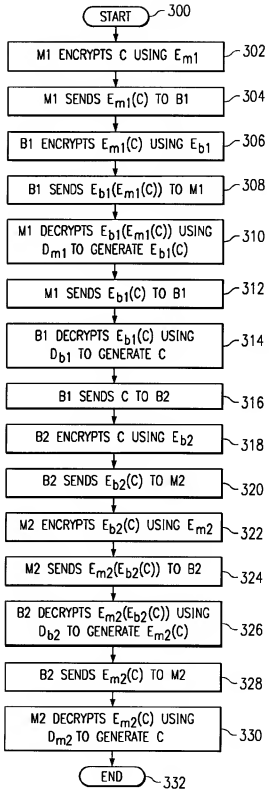

200
START
202
M1 ENCRYPTS C USING E_{m1}
204
M1 SENDS $E_{m1}(C)$ TO B1
206
B1 ENCRYPTS $E_{m1}(C)$ USING E_{m2}
208
B1 SENDS $E_{m2}(E_{m1}(C))$ TO M1
210
M1 DECRYPTS $E_{m2}(E_{m1}(C))$ USING D_{m1} TO GENERATE $E_{m2}(C)$
212
M1 SENDS $E_{m2}(C)$ TO B1
214
B1 SENDS $E_{m2}(C)$ TO B2
216
B2 SENDS $E_{m2}(C)$ TO M2
218
M2 DECRYPTS $E_{m2}(C)$ USING D_{m2} TO GENERATE C
220
END

FIG. 3


START
300
M1 ENCRYPTS C USING E_{m1}
302
M1 SENDS $E_{m1}(C)$ TO B1
304
B1 ENCRYPTS $E_{m1}(C)$ USING E_{b1}
306
B1 SENDS $E_{b1}(E_{m1}(C))$ TO M1
308
M1 DECRYPTS $E_{b1}(E_{m1}(C))$ USING D_{m1} TO GENERATE $E_{b1}(C)$
310
M1 SENDS $E_{b1}(C)$ TO B1
312
B1 DECRYPTS $E_{b1}(C)$ USING D_{b1} TO GENERATE C
314
B1 SENDS C TO B2
316
B2 ENCRYPTS C USING E_{b2}
318
B2 SENDS $E_{b2}(C)$ TO M2
320
M2 ENCRYPTS $E_{b2}(C)$ USING E_{m2}
322
M2 SENDS $E_{m2}(E_{b2}(C))$ TO B2
324
B2 DECRYPTS $E_{m2}(E_{b2}(C))$ USING D_{b2} TO GENERATE $E_{m2}(C)$
326
B2 SENDS $E_{m2}(C)$ TO M2
328
M2 DECRYPTS $E_{m2}(C)$ USING D_{m2} TO GENERATE C
330
END
332

METHOD FOR SENDING A SECURE MESSAGE IN A TELECOMMUNICATIONS SYSTEM

FIELD OF THE INVENTION

This invention relates to encryption techniques for telecommunications systems and, more particularly, to an apparatus and method for sending a secure message in a telecommunications system using public encryption keys.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Advances in telecommunications systems technology have resulted in a variety of telecommunications systems and services being available for use. These systems include cellular telephone networks, personal communications systems, various paging systems, and various wireline and wireless data networks. Cellular telephone networks currently in use in the United States include the AMPS analog system, the digital IS-136 time division multiplexed (TDMA) system, and the digital IS-95 digital code division multiplexed (CDMA) system. In Europe the Global Services for Mobile (GSM) digital system is most widely used. These cellular systems operate in the 800–900 Mhz range. Personal communications systems (PCS) are also currently being deployed in the United States. Many PCS systems are being developed for the 1800–1900 MHz range, with each based on one of the major cellular standards.

In each of the above mentioned telecommunications systems, it may often be desirable for the operators of the system to provide secure communications to users of the system. This may include sending a secure message between two mobile stations operating in the system. In many cases the message may be a text message of finite length, such as a text message.

In analog systems, such as AMPS, it is very difficult to provide security for communications. The analog nature of the signals carrying the communication between two users does not permit easy or efficient encryption. In fact, in standard AMPS, no encryption is used and communications sent between a mobile station and base station may be monitored and intercepted. Anyone having a receiver capable of tuning to the frequencies used for the communication channels may intercept a message at anytime, without being detected. The possibility of interception has been one negative factor connected with analog systems such as AMPS. Because of this potential for interception, AMPS type systems have not been favored for certain business or governmental uses, where sending a secure message is a requirement.

The newer digital systems such as GSM, IS-136, and IS-95 have been developed so as to include encryption services for communications privacy. The digital nature of the speech or data signals carrying the communications between two users in these digital systems allows the signals to be processed through an encryption device to produce a communications signal that appears to be random or pseudorandom in nature, until it is decrypted at an authorized receiver. When it is desired to send a secure message in such a system, the encryption feature of the system can be used to encrypt the message. As an example, the short message service (SMS) feature specified in these standards could be used to send a text message that is encrypted according to the system encryption algorithm.

In the GSM, IS-136, and IS-95 systems, the encryption is performed on message transmissions between each user and the system by using a secret key value, "private key", where the key is known only to the system and the user communicating with the system. The system standards under consideration for PCS networks may also include encryption services that are based on the encryption techniques specified in the digital standard from which a particular PCS standard is derived, i.e., GSM, IS-136, or IS-95.

In GSM the system operator controls the security process by issuing a subscriber identity module(SIM) to each system user. The SIM is a plug-in chip or card that must be inserted into a mobile station that a user intends to make or receive calls through. The SIM contains a 128 bit number called the Ki that is unique for each user. The Ki is used for both authentication and deriving an encryption key. In GSM a challenge and response procedure is used to authenticate each user and generate encryption bits from Ki for the user. The challenge and response procedure may be executed at the discretion of the home system.

When a GSM mobile is operating in its home system, after the user has identified himself by sending in his international mobile system identity/temporary mobile system identities(IMSI/TMSI), a 128-bit random number (RAND) is generated in the system and combined with the mobile user's Ki to generate a 32-bit response (SRES). The system then transmits RAND to the mobile which, in turn, computes its own SRES value from the mobile user's Ki, and transmits this RAND back to the system. If the two SRES values match, the mobile is determined to be authentic. Encryption bits for communications between the mobile and systems are generated in both the mobile and network by algorithms using RAND and Ki to produce an encryption key "Kc". Kc is then used at both ends to provide secure communications. When a GSM mobile is roaming, the RAND, SRES and Kc values are transferred to a visited system upon registration of the user in the visited system or, upon a special request from a visited system. The Ki value is never available other then in the home system and the user's SIM.

The IS-136 and IS-95 authentication and encryption procedures are identical to each other and, similar to the GSM authentication and encryption procedures. In IS-136 and IS-95 systems a challenge response method is also utilized. The IS-136 and IS-95 method utilizes a security key called the "A-key". The 64-bit A-key for each mobile is determined by the system operators. The A-key for each mobile is stored in the home system of the mobile's owner and in the mobile itself. The A-key may be initially communicated to the mobile owner in a secure manner, such as the United States mail. The owner can then enter the A-key into the mobile via the keypad. Alternately, the A-key may be programmed into the mobile station at the factory or place of service. The A-key is used to generate shared secret data(SSD) in both of the mobile and the home system from a predetermined algorithm. SSD for each mobile may be periodically derived and updated from the A-key of that particular mobile by use of an over the air protocol that can only be initiated by the home system operator.

In IS-136 and IS-95 authentication and encryption, a 32-bit global challenge is generated and broadcast at predetermined intervals within systems in the service area of the mobile. When a mobile attempts system registration/call setup access in the home system, the current global challenge response is used to compute, in the mobile, an 18-bit authentication response from the mobile's SSD. An access request message, including the authentication response and a call count value for the mobile, is then sent to the home system from the mobile. Upon receiving the access request the home system will compute its own response value using

the global challenge and the mobile's SSD. If the mobile is verified as authentic, by comparison of the authentication responses, the mobile's SSD and other relevant data, including the call count value, the mobile is registered.

When a mobile attempts system registration/call setup access in a visited system, the current global challenge response is used to compute, in the mobile, the 18-bit authentication response from the mobile's SSD. An access request message is then sent to the visited system from the mobile. For initial registration accesses in a visited system, the access request message includes the authentication response computed in the mobile. The authentication response and global challenge are then sent to the home system of the mobile, where the home system will compute its own response value using the global challenge and the mobile's SSD. If the mobile is verified as authentic, by comparing the authentication responses, the mobile's SSD and other relevant data, including the call count value, is then sent to the visited system and the mobile is registered. When a call involving the mobile is setup, a current authentication response value and call count are sent to the system from the mobile along with the call setup information. Upon receiving the call setup information, the visited system retrieves the stored SSD and call count values for the requesting mobile. The visited system then computes an authentication response value to verify that the the received SSD value and the current global challenge produce the the same response as that produced in the mobile. If the authentication responses and call counts match, the mobile is allowed call access. If communications security is desired, an encryption key is produced in both the mobile and system by using the global challenge and the mobile's SSD as input to generate encryption key bits.

Further background for such techniques as those used in GSM and, the IS-136 and IS-95 systems may be found in the article "Techniques for Privacy and Authentication in Personal Communications Systems" by Dan Brown in IEEE Personal Communications, dated August 1995, at pages 6–10.

While the above described private key procedures used in the GSM, IS-136 and IS-95 systems provide communications security, none of these procedures is entirely immune to interception and eavesdropping. All of the procedures require that a user's A-key or Ki value be known both in the mobile station and home system. They also require that the user's SSD or Kc value be known at both ends of the communications link, i.e., in the system and in the mobile. Each of these values could potentially be corrupted and become known to a potential interceptor . An individual knowing the Ki or A-key of a user, or an individual who intercepts the Kc or SSD of the user in intersystem communications, could potentially intercept and eavesdrop on communications that were intended to be secure and private. Additionally, since each user's keys are available at a base station with which they are communicating, encrypted communications involving two mobile stations connected through a base station of a system could be breached at the base station.

Public key encryption methods are methods in which a user is assigned a encryption key that is public, i.e., may be known and revealed publicly, but is also assigned a private decryption key that is known only to the user. Only an intended receiving user's decryption key can decrypt a encrypted message meant for the intended receiving user, i.e., decrypt a message encrypted using the intended receiving user's encryption key. In a public key encryption telecommunication system, the user would be allowed to keep the decryption key to himself, away from base stations or the system. Since the key necessary for decrypting a message is known only to the receiving user, public key encryption methods could provide more secure communications than are obtainable with the current encryption techniques being, used in, for example, GSM, IS-136, or IS-95.

In a cellular system using conventional public key encryption, if a mobile station X were to send a encrypted message to mobile station Y, mobile station X is required to know both the public encryption key for mobile station Y and, the algorithm that must be used with the encryption key of mobile station Y. It would also be required that Mobile X be capable of performing the encryption of the message using mobile station Y's encryption key and algorithm. These requirements of conventional public key encryption may present some difficulties or not be quite optimal for use in cellular systems in certain situations.

One difficulty in using public key encryption techniques is that the calculations involved in encryption and decryption may require much more in the way of computational resources then is required by private key systems. In a mobile station such computational resources may be limited. The requirements on resources may be even greater if two mobile station users desire to exchange a message securely, with each user using a different encryption/decryption algorithm. This could be the case, for example, when a roaming mobile station enters a system in which the system operator has implemented his own unique algorithm that is different from the roaming mobile station's home system's algorithm. In this case, each particular mobile station would be required to be capable of performing encryption with the other user's algorithm and, decryption with that particular mobile station user's algorithm. Such a requirement could be difficult to meet, for example, if the algorithm used for encryption required more computational resources then were available in the mobile station performing the encryption. Also, the code and data for performing particular algorithms would have to be stored in each mobile station or transmitted to the mobile station prior to commencement of encryption, creating further demands on mobile station computational resources.

Another potential difficulty in using public key encryption techniques in a cellular system involves the requirement that the sending mobile station should know the encryption key of the receiving mobile station in order to assure that the message is only available to the sending or receiving mobile stations. In certain public key encryption techniques the encryption keys may each be very large, possibly a sequence of numbers, and it may be difficult to store encryption keys for all potential receiving mobile stations in a single mobile station. It may also be difficult to transmit the key of a receiving mobile station to a sending mobile station on an as needed basis, for example during call setup, if the key is very large.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention provides a method for sending a secure message in a telecommunications systems using public key encryption. The method is implemented in such a way that a particular user's decryption key is known only at the transceiving device of the particular user. The method is also implemented so that the transceiving device of the particular user needs only be capable of using that particular user's encryption/decryption algorithm and encryption key. This is done by using a particular sequence to exchange messages between two transceiving devices. The method

avoids security problems associated with using private key methods and, also allows each mobile station to be able to perform only its own public key encryption/decryption algorithm. The method does not require that a transceiving device be able to perform encryption using the encryption key and algorithm of an intended receiver transceiving device as in conventional public key encryption. Computational resources in a transceiving device can therefore be optimized for one particular algorithm.

The method may be useful in providing highly secure, short message service (SMS) teleservices when a secure message is exchanged between two mobile stations or a mobile station and a cellular network, with each mobile station or the network using a different encryption/decryption algorithm. The method may also be useful in exchanging private keys between two communicating mobile stations or, a mobile station and a network, so that less computationally intensive private key algorithms may be used for longer communications, such as voice transmission. Additionally, the method may be used to transmit a secure authentication signature from one mobile station to another mobile station or network.

In an embodiment of the invention, a method for point to point encryption of a message exchanged between two users is implemented into a telecommunications system having at least one base station and a plurality of mobile stations. In the point to point embodiment, no decryption is performed in the base stations of the system. A user of mobile station **M1** is assigned a publicly known (known to the system) encryption key Em1 and a decryption key Dm1 that is known only at mobile station **M1** (the terms "encryption key Emx" and "decryption key Dmx" will be used herein to refer to both the algorithm and key values used in the algorithm, i.e., Emx is the encryption/decryption algorithm using the encryption key values and Dmx is the encryption/decryption algorithm using the decryption key values). Another system user of mobile station M2 is assigned a publicly known encryption key Em2 and a decryption key Dm2 that is known only at mobile station **M2**, where **Dm1Em2=Em2Dm1**. **Dm1Em2=Em2Dm1** sets the restriction that applying Dm1 first to a message and then applying **Em2**, is the same as applying Em2 first and then **Dm1** to the message. Only M1 knows Dm1 and only **M2** knows Dm2. Also, M1 needs only to know Em1 and M1's particular encryption/decryption algorithm (A1) and, **M2** needs only know Em2 and M2's particular encryption algorithm(A2).

When a user having mobile station M1 desires to send a secure communication c to a user of mobile station **M2**, the communication c is encrypted at M1 using Em1 and A1 to generate a message **Em1(c)**. **M1** then sends Em1(c) to a base station **B1** of the system. The base station B1 then encrypts Em1(c) using Em2 and A2 to generate the message Em2 (Em1(c)) and sends it back to **M1**. **Em2(Em1(c))** is next decrypted at M1 using **Dm1** and **A1**. Since **Dm1Em2=Em2Dm1**, decrypting Em2(Em1(c)) using Dm1 results in Em2(c). M1 then sends Em2(c) to **B1**. **B1** now sends **Em2(c)** to base station B2 that controls the area where mobile station **M2** is located. Em2(c) is next sent to mobile station **M2** and decrypted by mobile station M2 using Dm2 and **A2** to generate the communication c sent by mobile station M1 to mobile station M2.

In another embodiment of the invention, a method of non-point to point encryption of communications between two mobile stations may be implemented into a telecommunications system. A system user of mobile station M1 is assigned a publicly known (known to the system) encryption key Em1 and a decryption key Dm1 that is known only at mobile station M1. M1 uses a encryption/decryption algorithm A1. Another system user of mobile station M2 is assigned a publicly known encryption key Em2 and a decryption key Dm2 that is known only at mobile station M2. M2 uses a encryption decryption algorithm A2. Also, each base station Bx of the system is assigned a publicly known encryption key Ebx and a decryption key Dbx that is known only to base station Bx. Each base station also performs encryption/decryption according to an algorithm Abx. The keys are chosen so that for any pair of a base station Bx and mobile station Mx which may communicate with each other, DmxEbx=EbxDmx.

In this embodiment, when user having mobile station M1 desires to send a secure communication c to a user of mobile station M2, the communication c is encrypted at M1 using Em1 and A1 to generate a message Em1(c). M1 then sends Em1(c) to a base station B1 of the system. The base station B1 then encrypts **Em1(c)** using Eb1 and Ab1 to generate the message Eb1(Em1(c)) and sends it back to M1. Eb1(Em1(c)) is next decrypted at M1 using Dm1 and Am1. Since **Dm1Eb2=Eb2Dm1**, decrypting Eb1(Em1(c)) using Dm1 results in Eb1(c). M1 then sends Eb1(c) to B1. B1 then decrypts Eb1(c) using Db1 and Ab1 to generate c and, sends c to a base station B2 that controls the area where mobile station M2 is located. The communication c between B2 and M2 may then be encrypted in an identical manner to that described for the transfer between M1 and B1, with B2, Eb2, Db2 and Ab2, in place of M1,Em1,Dm1 and Am1, and, M2, Em2, Dm2 and Am2, in place of B1,Eb1,Db1 and Ab1.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

A more complete understanding of the method of the present invention may be had by reference to the following detailed description when read in conjunction with the accompanying drawings wherein:

FIG. **1** illustrates a block diagram of a telecommunications system constructed according to an embodiment of the invention;

FIG. **2** is a flow diagram showing process steps performed to provide point to point encrypted communications within a telecommunications system according to an embodiment of the invention; and

FIG. **3** is a flow diagram showing process steps performed to provide non point to point encrypted communications within a telecommunications system according to an embodiment of the invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

FIG. **1** illustrates a block diagram of a telecommunications system **100** constructed according to an embodiment of the invention. System **100** comprises base stations B1 and B2, land line network **142**, and mobile stations M1 and M2. Although shown to include two base stations and two mobile stations, system **100** may comprise more or less base stations or mobile stations then are shown in FIG. **1**. The mobile stations M1 and M2 may be mobile telephones that provide speech communications between a user of M1 or M2, and another mobile telephone or, between the user and a land line telephone connected to landline network **142**. Mobile stations M1 and M2 may also be any other type of mobile communications device capable of operating according to the system standard for system **100**, such as a personal communications device or a laptop computer operating through a wireless modem. Landline network **142** may be a public switched telephone network(PSTN) or a private land-

line network for system **100** that includes mobile switching centers for controlling call routing, registration and hand-off of a mobile from one base station to another in system **100**. In system **100**, mobile stations M1 and M2 may move about the coverage area of system **100** while communicating with the base stations of system **100** through RF links. In FIG. **1**, mobile stations M1 and M2 are shown to be communicating with base stations B1 and B2, respectively, over RF links **144** and **146**, respectively. System **100** may operate according to any telecommunications system standard that provides a digital interface over the RF links between mobile stations M1 and M2, and base stations B1 and B2. The design and operation of digital telecommunications systems is known and will not be described in detail here. System **100** may be implemented in any number of ways. For example, the digital RF interface in system **100** may operate according to a standard similar to the Telecommunications Industry Association/Electronic Industry Association (TIE/EIA) IS-136, IS-95, and PCS 1900 standards or the European GSM standard.

Mobile station M1 includes a transceiver unit **104** coupled to an antenna **102** for receiving radio signals from, and for transmitting radio signals to, base stations of system **100**. Mobile station M1 includes a user interface **108**, which could be a computer keyboard or a mobile telephone handset with a keypad, microphone and earpiece. Control unit **106** in mobile station M1 controls RF channel selection and other system functions in the conventional manner and, a logic unit **112** controls the general operation of the mobile station. Logic unit **112** may also be utilized to implement and perform encryption and decryption functions used for communications security. Display **110** provides a general visual interface to the user of mobile station M1 and is under control of logic unit **112**. Mobile station M2 includes transceiver unit **116**, user interface **120**, control unit **118**, logic unit **124**, and display **122**, each having the function as described for the corresponding section of mobile station M1.

Base station B1 includes a transceiver unit **136** coupled to antenna **134** for receiving radio signals from and, transmitting radio signals to mobile stations. B1 also includes control unit **138** and processor **140**. Control unit **138** controls RF channel selection and assignment by generating the appropriate control messages to mobile stations, and also controls other necessary system functions such as interfacing with landline network **142**. Processor **140** may be utilized to implement and perform encryption and decryption functions used for communications security. Base station B2 includes transceiver unit **128**, antenna **126**, control unit **130** and processor **132**, each having the function as described for the corresponding section of base station B1.

In an embodiment of the invention an encrypted message may be passed from one user to another user in system **100**, without the message being decrypted along the path from user to user. The message may only be decrypted by the intended receiver. The embodiment may be used to provide point to point communications between any two points in the system, including between two mobile stations, between a base station and a mobile station, and, between a mobile station and an appropriatly equipped landline subscriber station.

For secure point to point message transmission, generally, each mobile station Mx of system **100** is assigned a publicly known encryption key Emx and a decryption key Dmx that is known only at mobile station Mx. For any two mobile stations M1 and M2 desiring to communicate, Dm1Em2 must equal Em2Dm1. However, the encryption algorithms used by each of M1 and M2 may be different. When the user of MS1 desires to send a secure communication c to a user of MS2, the communication c is encrypted at MS1 using Em1 and Am1 to generate an encrypted message Em1(c). MS1 then sends Em1 (c) to base station B1 of the system. The base station B1 then encrypts Em1 (c) using Em2 and Am2 to generate the message Em2(Em1(c)) and sends it back to MS1. MS1 next decrypts Em2(Em1(c)) using Dm1 and Am1. Since Dm1Em2=Em2Dm1, decrypting Em2(Em1 (c)) using Dm1 results in Em2(c). MS1 then sends Em2(c) to B1. B1 now sends Em2(c) to base station B2 that controls the area where MS2 is located. Em2(c) is next sent to MS2 and decypted by MS2 using Dm2 and Am2 to generate the decrypted communication c sent by MS1 to MS2.

Referring now to FIG. **2**, therein is illustrated a flow diagram showing process steps performed to provide point to point encrypted communications within a telecommunications system according to an embodiment of the invention. As an illustrative example, the case of a encrypted message transfer between mobile station M1 and mobile station M2 of FIG. **1** will be used to describe the process, with M1 using the the Rabin algorithm and, M2 using the Rivest, Shamir and Adleman (RSA) algorithm. A background description of the Rabin algorithm is given in the book "Cryptography, Theory and Practice" by Stinson, published by CRC, 1995, at pages 143–148. A detailed description of the RSA algorithm is given in the book "Digital Money" by Lynch et al., published by John Wiley and Sons, 1996, at pages 76–86.

The key functions Em1 and Dm1 for mobile station M1 may be chosen according to the Rabin critieria. In the Rabin algorithm, for this example, two prime numbers p and q are chosen using a selected predefined number N, where $pxq=N$, and $p=4k_1+3$, and, $q=4k_2+3$, and where k_1 and k_2 are constants. N may be publicly known, while p and q must be kept private. Em1 is defincd as $Em1(c)=(c)^2 \bmod N$ and, DM1 is defined as $DM1(c)=c^{1/2} \bmod N$, where c is the message to be transmitted. To solve DM1(c) for $c^{1/2}$, the equations $x^2=c \bmod p$, and, $x^2=c \bmod q$, are solved using the solutions, $x_1=c^{(p+1)/4}$ and, $x_2=c^{(q+1)/4}$. If two values a and b are found such that $ap+bq=1$,then $c^{1/2}$ can be found by the equation $c^{1/2}=bqx_1+apx_2 \bmod N$.

The key functions Em2, Dm2, for mobile station M2 may be chosen according to the Rivest, Shamir and Adleman (RSA) criteria. In RSA two(large) prime numbers p and q are first selected, where $pxq=N$. In this embodiment, N for M2 equals the N used for M1. This simplifies meeting the condition that $Dm1Em2=Dm2Em1$. However other values of N could be used as long as $Dm1Em2=Em2Dm1$. Two other values, a2 and b2, are then chosen, where $(a2)(b2)=1 \bmod (p-1)(q-1)$. N and a2 may be public, and b2 must be kept private. Em2 and Dm2 are then defined as $Em2(c)=(c)^{a2} \bmod N$, and, $Dm2=(c)^{b2} \bmod N$.

The process starts at step **200** where the encryption process is initiated in M1. At step **202**, communication c is encrypted by logic unit **112** using Em1 and Am1, to generate the encrypted message $Em1(c)=(C)^2 \bmod N$. The process then moves to step **204** where Em1(c) is transmitted through transceiver unit **104** from M1 to B1. After receiving Em1(c) through transceiver unit **136**, processor **140** of B1 encrypts Em1(c) at step **206**, using Em2 and Am2, to generate the encrypted message $Em2(Em1(c))=((c)^2)^{a2} \bmod N$. The process then moves to step **208** where Em2(Em1(c)) is sent back to M1 from B1. Next at step **210**, after receiving Em2(Em1(c)) from B1, logic unit **112** of M1 decrypts Em2(Em1(c)) using Am2(the Rabin algorithm) as described before. $(Em2(Em1(c)))^{1/2}=(((c)^2)^{a2})^{1/2}$. The generated message Dm1(Em2(Em1(c))) then equals $(c)^{a2} \bmod N$, or the encrypted message Em2(c).

Next, at step **212**, transceiver unit **104** of M1 sends the encrypted message Em2(c) to B1. Next, at step **214**, control unit **138** of B1 then sends Em2(c) through landline network **142** to control unit **130** of B2. Since the message is encrypted, this is a secure communication. Next at step **216**, after receiving Em2(c) through control unit **130** of B2, transceiver unit **128** sends Em2(c) to M2. At step **218** Em2(c) is decrypted in logic unit **124** of M2 using Dm2 and Am2 to generate $Dm2(Em2(c))=((c)^{e2})^{d2}$ mod N, or, Dm2 (Em2(c))=c. M2 now has received the decrypted communication c.

In another embodiment of the invention, a non-point to point method is used to transfer a message from one user to another user in system **100**. In this embodiment the message is decrypted at the base station in communication with the sending user. The message is then sent to the base station in communication with the receiver of the message and encrypted for transmission to the receiver of the message. In this embodiment, each of the communicating mobile stations or base stations need only know its own encryption key and encryption/decryption algorithm. The communicating entities need not know or be able to perform the encryption algorithm of any of the other communicating entities.

Generally, in this embodiment each mobile station Mx is assigned an encryption key Emx and a decryption key Dmx. Dmx is known only at mobile station x. Each base station Bx of system **100** is assigned an encryption key Ebx and a decryption key Dbx. Dbx is known only at base station Bx. For any pair of mobile and base stations Mx and By desiring to communicate with each other, DmxEby must equal EbyDmx.

When user of M1 desires to send a secure communication c to a user of M2, the communication c is encrypted by M1 using Em1 and Am1 to generate a message Em1(c). M1 then sends Em1(c) to base station B1 of the system. The base station B1 then encrypts Em1(c) using Eb1 and Ab1 to generate the message Eb1(Em1(c)) and sends it back to M1. M1 next decrypts Eb1(Em1(c)) using Dm1 and A1. Since Dm1Eb1=Db1Em1, decrypting Eb1(Em1(c)) using Dm1 and A2 results in Eb1(c). M1 then sends Eb1(c) to B1. M1 can be the only user who sends the correct Eb1(c) to B1 at this point. B1 now decrypts Eb1(c) using Db1 and Ab1 to generate c. B1 next sends c through the system to base station B2 that controls the area where user M2 is located. The communication c between B2 and M2 may then be encrypted in an identical manner to that described for the transfer between M1 and B1, with B2, Eb2, Db2 and Ab2, in place of M1,Em1,Dm1 and Am1, and, M2, Em2, Dm2 and Am2, in place of B1,Eb1,Db1 and Ab1.

Referring now to FIG. **3**, therein is illustrated a flow diagram showing process steps performed to provide non-point to point encrypted communications within a telecommunications system according to an embodiment of the invention. The flow diagram of FIG. **3** can be used to describe an illustrative example, describing the case of a encrypted message transfer between mobile station M1 and mobile station M2 of FIG. **1**. In this example, M1 and M2 use the Rabin algorithm and B1 and B2 use the RSA algorithm. The process used in FIG. **3** prevents mobiles M1 and M2 from having to perform the RSA algorithm used by the base stations.

The key functions Emy, Dmy, for mobile station My may be chosen according to the Rabin criteria. In the Rabin algorithm for this example, two prime numbers p and q are chosen using a selected number N, where pxq=N, and $p=4k_1+3$, and, $q=4k_2+3$, and where k_1 and k_2 are constants. N may be publicly known, and p and q must be kept private. Emy is defined as $Emx(c)=(c)^2 \bmod N$, and, DMy is defined as $DMy(c)=c^{1/2} \bmod N$. To solve DMy(c) for c, the equations $x^2=c \bmod p$, and, $x^2=c \bmod q$, are solved using the solutions, $x_1=x^{(p+1)/4}$, and, $x_2=\pm c^{(q+1)/4}$. If two values a and b are found such that $ap+bq=1$, then c can be found by the equation $c^{1/2}=bqx_1+apx_2 \bmod N$.

The key functions Ebx and Dbx for base station x may be chosen according to the Rivest, Shamir and Adleman(RSA) criteria. In RSA two(large) prime numbers p and q are first selected, where pxq=N. Two other values, ax and bx, are then chosen, where $(ax)(bx)=1 \bmod (p-1)(q-1)$. Ebx and Dbx are then defined as $Ebx(c)=(c)^{ex} \bmod N$, and, $Dbx=(c)^{dx} \bmod N$. In this embodiment, N for B1 equals the N used for M1 and, N for B2 equals the N used for M2. This simplifies meeting the condition that Dm1Eb1=Eb1Dm1. However other values of N could be used as long as Dm1Eb1=Eb1Dm1 and, Dm2Eb2=Eb2Dm2.

The process starts at step **300** where the encryption process is initiated. Next at step **302**, communication c is encrypted at logic unit **112** of M1 using Em1 and Am1, to generate the encrypted message $Em1(c)=(c)^2 \bmod N$. The process then moves to step **304** where Em1(c) is transmitted through transceiver unit **104** from M1 to B1. At step **306**, after receiving Em1(c) through transceiver unit **136**, B1 encrypts Em1(c) using Eb1 and Ab1, to generate the encrypted message $Eb1(Em1(c))=((c)^2)^{d1} \bmod N$. The process then moves to step **308** where Em2(Em1(c)) is sent back through transceiver unit **136** to M1 from B1. Next, at step **310**, after receiving Em2(Em1(c)) from B1 through transceiver unit **104**, logic unit **112** of M1 decrypts Eb2 (Em1(c)) using Dm1 and Rabin's algorithm. as described before. $(Eb2(Em1(c)))^{1/2}=(((c)^2)^{e2})^{1/2}$. The generated message Dm1(Eb2(Em1(c))) then equals $(c)^{e2} \bmod N$, or the encypted message Eb2(c)

Next, at step **312**, M1 sends the encrypted message Eb1(c) is sent to B1 through transceiver unit **104** and, at step **314** processor unit **140** of B1 then decrypts Eb1(c) using Db1 to generate $Db1(Eb1(c))=((c)^{e1})^{d1} \bmod N=c$. After the communication c is decrypted at processor **140** B1 the process moves to step **316** where the communication c is sent from control unit **138** of base station B1 through landline network **142** to control unit **130** base station B2. The transmission of communication c between B2 and M2 may then be performed in an identical manner to that described for the transfer between M1 and B1. This is illustrated by steps **318–330**, which are identical to steps **302–314** with B2, Eb2, Db2 and Ab2, in place of M1,Em1,Dm1 and Am1, and, M2, Em2, Dm2 and Am2, in place of B1,Eb1,Db1 and Ab1.

The teachings of this invention should not be construed to be limited for use only with the telecommunications standards described, and should be construed to include any similar systems. Furthermore, other encryption algorithms than those expressly disclosed above may be employed to practice this invention.

Thus, the invention has been particularly shown and describer with respect to preferred embodiments thereof, and it will be understood by those skilled in the art that changes in form and details may be made without departing from the spirit and scope of the invention.

What is claimed is:

1. In a telecommunications system having at least one base station and a plurality of mobile stations, a method for sending a secure message, said method comprising the steps of:

assigning each mobile station a decryption key and an encryption key, wherein each encryption key is public;

encrypting a first message at a first mobile station using the encryption key of said first mobile station to generate a second message;

transmitting said second message from said first mobile station to said at least one base station;

encrypting said second message at said at least one base station, using the encryption key of a second mobile station, to generate a third message;

transmitting said third message from said at least one base station to said first mobile station;

decrypting said third message at said first mobile station, using the decryption key of said first mobile station, to generate a fourth message;

transmitting said fourth message from said first mobile station to said at least one base station;

transmitting said fourth message from said at least one base station to said second mobile station; and

decrypting said fourth message at said second mobile station using the decryption key of said second mobile station to regenerate said first message.

2. The method of claim **1**, wherein the decryption key and encryption key of said first mobile station and the decryption key and encryption key of said second mobile station are configured so that applying the encryption key of said second mobile station to a communication to obtain a first result, and then applying the decryption key of said first mobile station to the first result to obtain a final result, are equivalent in effect to applying the decryption key of said first mobile station to said communication to obtain a second result, and then applying the encryption key of said second mobile station to said second result to obtain said final result.

3. The method of claim **1**, wherein said steps of encrypting and decrypting at said first mobile station are performed according to a first algorithm, and said steps of encrypting at said base station and decrypting at said second mobile station are performed according to a second algorithm.

4. The method of claim **3**, wherein said first algorithm comprises an RSA type algorithm and said second algorithm comprises a Rabin type algorithm.

5. The method of claim **3**, wherein said first algorithm comprises an Rabin type algorithm and said second algorithm comprises a RSA type algorithm.

6. In a telecommunications system, an apparatus for sending a secure message, said apparatus comprising:

a first mobile station, assigned a first decryption key and a first encryption key, said first mobile station for encrypting a first message using said first encryption key to generate a second message, transmitting the second message on an air interface, receiving a third message on said air interface, decrypting the third message using said first decryption key to generate a fourth message, and transmitting the fourth message on said air interface;

a base station, said base station for receiving the second message on said air interface, encrypting the second message using a second encryption key to generate the third message, transmitting the third message on said air interface to said first mobile station, receiving the fourth message on said air interface from said first mobile station, and transmitting a fifth message on said air interface, wherein the fifth message includes the fourth message; and

a second mobile station, assigned a second decryption key and said second encryption key, said second mobile station for receiving the fifth message on said air interface from said base station and decrypting the fourth message included in the fifth message, using said second decryption key.

7. The apparatus of claim **6**, wherein said first encryption key and said first decryption key and said second encryption key and said second decryption key are configured so that applying said second encryption key to a communication to obtain a first result, and then applying said first decryption key to the first result to obtain a final result are equivalent in effect to applying said first decryption key to said communication to obtain a second result, and then applying said second encryption key to said second result to obtain said final result.

8. The apparatus of claim **7**, wherein encrypting and decrypting at said first mobile station are performed according to a first algorithm, and encrypting at said base station and decrypting at said second mobile station are performed according to a second algorithm.

9. The apparatus of claim **8**, wherein said first algorithm comprises an RSA-type algorithm and said second algorithm comprises a Rabin-type algorithm.

10. The apparatus of claim **8**, wherein said first algorithm comprises a Rabin-type algorithm and said second algorithm comprises an RSA-type algorithm.

* * * * *

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

CERTIFICATE OF CORRECTION

PATENT NO. : 5,909,491

DATED : June 1, 1999

INVENTOR(S) : Tie Luo

It is certified that error appears in the above-identified patent and that said Letters Patent is hereby corrected as shown below:

Column 11, line 36, after "said" insert --at least one--.

Column 12, line 9, delete "a" and insert --at least one--.

Column 12, line 9, after "said" insert --at least one--.

Column 12, line 21, after "said" insert --at least one--.

Column 12, line 35, change "7" to --6--.

Column 12, line 37, after "said" insert --at least one--.

Signed and Sealed this

Fourteenth Day of September, 1999

Attest:

Attesting Officer

Q. TODD DICKINSON

Acting Commissioner of Patents and Trademarks